

Bevattnings- och gödslingsförsök i ekbestånd - tillväxteffekter på *Q. robur* och *Q. petraea* i södra Sverige

*Experiment with irrigation and fertilization in oak stands
- effects on growth of *Q. robur* and *Q. petraea* in South Sweden*



Foto: Simon Harvey (2005), CC, Flickr

Hanna Glöd & Marcus Gusebrandt

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,
Handledare: Ulf Johansson, SLU, Enheten för skoglig fältforskning
Bitr handledare: Tommy Mörling, SLU, Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Examinator: Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Program: Jägmästarprogrammet

Kurs: EX0592 Nivå: G2E

Umeå 2016



Kandidatarbete i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Hanna Glöd & Marcus Gusebrandt
Titel, Sv	Bevattnings- och gödsselförsök på ekbestånd- tillväxteffekter på <i>Q. robur</i> och <i>Q. petraea</i> i södra Sverige
Titel, Eng	Irrigation and fertilization on oak stands- effects on growth of <i>Q. robur</i> and <i>Q. petraea</i> in southern Sweden
Nyckelord/ Keywords	Gödsling, bevattning, tillväxteffekter, ek/ <i>Fertilization, irrigation, growth effects, oak, Quercus robur, Quercus petraea</i>
Handledare/Supervisor	Ulf Johansson, ,Enheten för skoglig fältforskning/ Unit for Field-based Forest Research Bitr handledare: Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Examinator/Examiner	Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel, SLU
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2016

FÖRORD

Målet med detta arbete var att undersöka effekterna av gödsling och bevattning på ekbestånd i södra Sverige. Att det blev detta ämne kom sig av ett intresse för ädellövträd och möjligheten att förbättra skötseln av ekbestånd. Vi vill tacka följande personer för all hjälp och alla goda råd vi fått under arbetets gång.

Vår handledare Ulf Johansson, Försöksledare och parkchef vid Enheten för skoglig fältforskning, som alltid har varit tillgängligt för att svara på frågor och ge råd.

Biträdande handledare Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel, för sitt engagemang och den tid han lagt ner för att hjälpa till att reda ut frågetecken som har uppstått under arbetets gång.

Anders Muszta, Institutionen för skoglig resurshushållning, för alla råd och hjälp med bearbetning av data och den statistiska analysen.

Kenneth Nyström, Institutionen för skoglig resurshushållning, för hjälp med att tolka och förstå resultatet.

Umeå 2016

Hanna Glöd och Marcus Gusebrandt

SAMMANFATTNING

I stora delar av Sverige är kväve- och vattenbrist en hämmande faktor för skogsträdens tillväxt. I denna studie undersöktes om gödsling och bevattning ökar tillväxten för ekbestånd i södra Sverige. Hypotesen var att gödsling och bevattning ger en positiv effekt på tillväxten. Ekbestånd anlagt år 1991 i bestånd av *Quercus robur* (L.) och *Quercus petraea* (Liebl.) indelades år 2008 i 16 parceller som behandlades med fyra olika behandlingar; bevattning, gödsling, kombinerad bevattning och gödsling samt kontrolltytor. Data från försöket analyserades visuellt och med en två-vägs variansanalys för att undersöka om det fanns signifikanta samband mellan tillväxt och behandling.

Resultatet var svårtolkat. Det fanns ingen tydlig trend att behandlingarna påverkat tillväxten, dock var blockeffekten signifikant för flera faktorer vilket kan bero på att parcellerna hade olika ståndortsindex. Mätningarna utfördes under en relativt kort period mellan år 2008 och år 2013 vilket kan göra att effekterna av gödslingen inte hinner visa sig. Andra möjliga förklaringar till resultatet kan vara att kvävenedfallet är högt i detta område eller att marken har en naturligt hög kvävehalt, detta gör att effekterna av gödsling blir kortvariga eller uteblir. Ek är ett relativt torktåligt trädslag med djupa rotsystem och påverkas inte lika starkt av vattenbrist som många andra trädslag, till exempel gran. Humiditeten i området är hög vilket kan göra att vattenbrist inte är en lika hämmande faktor som i andra delar av landet.

Nyckelord: Ek, humiditet, kvävegödsling, skogsgödsling, ädellöv

SUMMARY

In most parts of Sweden lack of nitrogen and water are limiting factors for forest growth. This study examined the effects of fertilization and irrigation on the growth of oak stands in South Sweden. The hypothesis was that both fertilization and irrigation would result in a positive effect on growth. Oak stands of *Quercus robur* and *Quercus petraea* planted in 1991 were divided into 16 plots in 2008 and treated with four different management programs; irrigation, fertilization, combined fertilization and irrigation and control. Data from the experiment were analyzed visually and with a two-way ANOVA to examine if there were significant correlation between growth and treatments.

The results were difficult to interpret. There were no clear trend showing a correlation between growth and treatment. However the block effect were significant for several studied factors which can be explained by a difference in site index between the plots. The study were conducted during a short period between the year 2008 and 2013, thus there was a possibility that not all effects of fertilization had time to develop. Another possible explanation for this result could be that the nitrogen deposition was high in this area and that the soil might have a high nitrogen availability. Oak is a drought-tolerant tree species with a deep root system and thus not as strongly affected by water stress as many other species like spruce. The humidity in the area was high, implicating that the shortage of water was not as inhibitory as in other parts of the country.

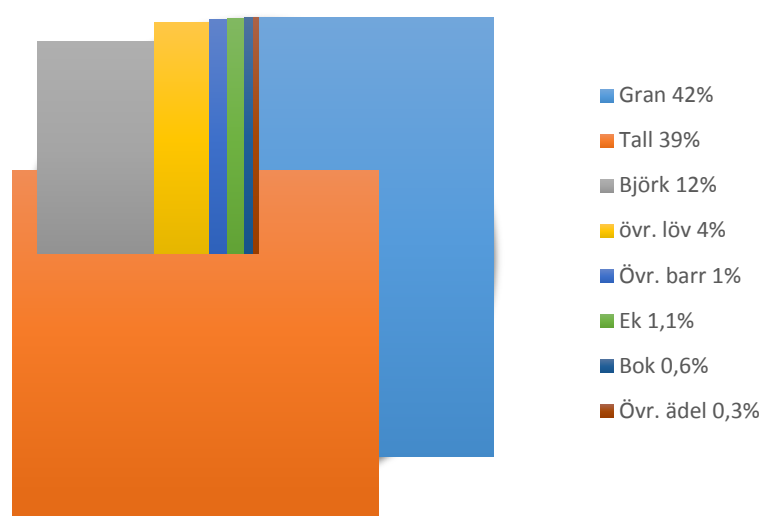
Keywords: Broadleaves, forest fertilization, humidity, nitrogen fertilization, oak

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	5
1.1	Ek	7
1.2	Skogsgödsling	7
1.3	Vattentillgång	9
1.4	Syfte	9
1.5	Hypotes.....	9
2	MATERIAL OCH METOD	10
2.1	Databehandling.....	11
3	RESULTAT.....	12
3.1	Mätresultat.....	12
3.2	Statistisk analys	16
4	DISKUSSION	19
4.1	Felkällor	19
4.2	Diskussion av resultat.....	20
4.3	Framtid	21
4.4	Slutsats	22
5	REFERENSER	23
6	BILAGA 1	26

1 INLEDNING

Eken är idag det ädellövträdslag som har störst utbredning på produktiv skogsmark i Sverige med ett virkesförråd på ca 33,9 miljoner m³sk, detta utgör ca 1,12 % (Figur 1) av Sverige totala virkesförråd på produktiv skogsmark (Skogsstatistisk årsbok 2014). Då ekvirke främst används till inredning såsom parkettgolv, faner, möbler och trösklar krävs det grovt högkvalitativt virke som är relativt rakt, kvistfritt och med jämna årsringar. Skogsägare som uppnår detta kan tjäna mycket bra på sitt ekbestånd, upp till 400 000 kr/ha (Johannesson & Ek 2005). Även klenare ekvirke av sämre kvalitet går att använda till exempelvis stängselstolpar och brännved, dock ger detta virke inte lika bra betalt.



Figur 1. Virkesförrådet på produktiv skogsmark i Sverige uppdelat på trädslag.
Figure 1. Timber volume of productive forest land in Sweden divided into species.
(Skogsstatistisk årsbok 2014)

Trots den potential som finns att odla grovt kvalitetsvirke av ek i södra Sverige är det inte speciellt vanligt och en förklaring till detta kan vara de långa omloppstiderna på 120-150 år. Detta gör att många skogsägare tycker att avkastningen ligger för långt fram i tiden och därför inte vågar investera i ek. Utöver detta tillkommer höga föryngringskostnader och många skötselåtgärder för att nå fram till grova ekbestånd av fin kvalitet (Johannesson & Ek 2005).

För att göra de långa omloppstiderna och höga kostnaderna lönsamma gäller det att på så kort tid som möjligt få fram grova dimensioner av ek och i detta avseende skulle gödsling och/eller bevattning kunna bidra till att göra ekskogsskötsel mer lönsam. Ett problem är dock att den forskning om gödsling av skog som bedrivits sedan 1950-talet främst fokuserat på de inhemska barrträden och idag är den allmänna rekommendationen att inte gödsla lövträd då det ger en låg tillväxtökning (Ståhl & Berg 2013). Speciellt lite forskning finns det om skogsgödslingseffekter på ek och andra ädellövträd och detta är en kunskapslucka som Magnus Löf, programledare för ädellövsprogrammet, säger behöver fyllas då mycket av

dagens skötsel bygger på gamla metoder som kanske inte optimerar produktionen (Flyckt 2008).

Även om det inte finns någon publicerad forskning om effekten av gödsling och bevattning på ek i Sverige finns det resultat från försök som undersöker hur dessa faktorer påverkar barrträd, främst gran. Försök från Skogaby i södra Sverige visade att bevattning kombinerat med gödsling gav en ökad produktion av biomassa jämfört med bevattnade bestånd, som i sin tur hade högre produktion än de obehandlade bestånden (Nilsson 1997). Försök från Asa visar på ett liknande samband då ytor som behandlats med en kombination av gödsling och bevattning gav störst tillväxtökning följt av gödsling och sist bevattning (Bergh m.fl. 1999).

Utanför Sverige har det utförts försök som berör tillväxteffekterna av gödsling och bevattning på ekbestånd. I en studie utförd i nordöstra Spanien på stenek (*Quercus ilex L.*) i medelhavsklimat undersöktes hur diametertillväxten påverkas av bevattning och gödsling (Mayor & Roda 1994). Enligt denna studie var det bevattning som gav den största tillväxteffekten, under torrperioden ökande tillväxten som mest med cirka 66 %. Detta kan förklaras av att i detta klimat är vattentillgången en hämmande faktor för tillväxten. Dock gav gödslingen ingen större påverkan på diametertillväxten i detta försök (Mayor & Roda 1994), vilket kan bero på att studien bara utfördes i tre år och gödslingseffekterna kan hålla i sig längre än så (Johnson m.fl. 2002).

I en annan studie på stenek, även den från nordöstra Spanien, av Sabaté m.fl. (1992) undersöktes hur bevattning, kvävegödsling och fosforgödsling påverkade lövmassa samt kvistarnas längd och höjd. Bevattning resulterade i tyngre och längre kvistar samt större bladarea. Även kvävegödsling hade en positiv effekt på tillväxten, dock inte lika stor som för bevattning. När fosforgödsel kombinerades med de andra skötselmetoderna hade det en negativ inverkan på de karaktärer som mättes.

Phares (1971) visade i en studie av ljusstillgång i kombination med gödsling att tillgången på ljus var en hämmande faktor för tillväxten. Vidare visade studien att kvävegödslingen gav goda tillväxteffekter om plantorna hade en ljusstillgång på minst 30 %.

I boken ”The ecology and silviculture of oaks” nämns att gödsling av ek kan öka diametertillväxten samt att den starkaste tillväxteffekten uppnås året efter gödslingen och att effekten kan hålla i sig upp till sex år (Johnson m.fl. 2002). Att gödsling har en positiv effekt på tillväxten stöds av de flesta vetenskapliga studier, till exempel fick *Quercus petraea* plantor positiva tillväxteffekter av kvävegödsling på biomassa, löv, blad area och blad area per massa fin-rötter (Berger & Glatzel 2000). Även i en studie på plantor av rödek (*Quercus rubra L.*) visades att gödsling med kväve gav en ökad planttillväxt och en ökad koncentration klorofyll i bladen (Salifu m.fl. 2007).

Effekterna av gödsling påverkas av vilken ekart försöken utförts på och det rådande klimatet. Detta gör att det skulle vara fördelaktigt med en studie som undersöker hur de inhemska ekarterna reagerar på bevattning och gödsling i ett svenskt klimat.

1.1 Ek

Denna studie utfördes på Sveriges inhemska ekarter, ”vanlig ek” även kallad skogsek (*Quercus robur*) och bergek (*Quercus petraea*). Dessa tillhör familjen bokväxter där släktet *Quercus* innehåller ca 300 arter (Johannesson & Ek 2005). Eken växer främst i skogs och hagmark (Almgren & Rydberg 2003) utan några specifika krav på markförhållanden eller klimat utan kan växa och fortplanta sig på de flesta marker så länge ljustillgången är god (Löf m.fl. 2015), emellertid trivs den inte på djup torvmark. Dock är växtplatsen mycket viktig om ek av bra kvalité ska odlas, då är det bland annat viktigt med näringsrika, friska (Löf m.fl. 2015) och djupa jordar då eken oftast utvecklar djupa rotsystem (Johannesson & Ek 2005). Större rena ekskogar är relativt ovanliga och eken ses vanligtvis som ett inslag i blandskogar (Almgren 1984).

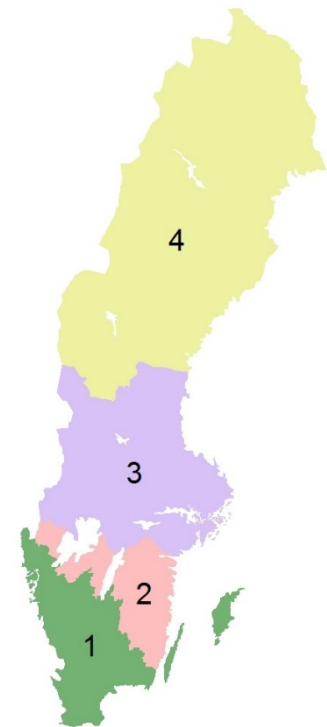
Skogseken är utbredd över större delen av södra och mellersta Sverige medan bergek främst finns i det södra kustlandskapet, dock är det i detta område vanligt med hybrider (Almgren 1984). Ek är ett trädslag som kan bli mycket gammalt, upp till 600 år och under gynnsamma förhållanden kan tillväxten hålla i sig och ännu vara hög vid 300 års ålder. Höjdtillväxten kulminerar vid 20-40 års ålder (Johannesson & Ek 2005) och maxhöjden varierar mycket mellan arterna då skogseken kan bli upp till 30 m högt medan bergek blir ca 20 m (Almgren & Rydberg 2003). Båda arterna har liknande virkesegenskaper med hårt och beständigt virke med en torrdensitet på 690-720 kg/m³ (Almgren & Rydberg 2003).

1.2 Skogsgödsling

Gödsling av skogsmark började få stor betydelse på 1960-talet och arealen gödslad skogsmark kulminerade under mitten av 1970-talet med ca 200 000 ha gödslad skogsmark per år. Gödslingsarealen sjönk därefter på grund av oro för miljöeffekter av gödsling och vid millennieskiftet gödslades endast ca 20 000 ha per år. Denna areal har ökat sen dess och ligger idag på ca 50 000 ha per år (Ståhl & Berg 2013).

I första hand är det barrskogar som gödslats och de försök som utförts har främst varit inriktade på gödslingens effekter på tallens och granens tillväxt. Barrträd får en ökad tillväxt i 7-11 år av kvävegödsling innan effekterna avtar och tillväxten återgår till en normal nivå (Jacobson m.fl. 2005). Det tillförda kvävet gör att träden får en större barrbiomassa som kan utnyttja solljus bättre vilket resulterar i en ökad tillväxt (Pettersson m.fl. 1988). Denna tillväxtökning ger främst en grövre medeldiameter (Jacobson m.fl. 2005).

I Sverige är skogsgödsling reglerat av Skogsstyrelsen och markägare som vill utföra skogsgödsling har en skyldighet att anmäla till samråd med Skogsstyrelsen (SKSFS 2013:3). Av Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd till Skogsvårdslagen (SKSFS 2011:7) framgår att landet är indelat i fyra områden med olika begränsningar för kvävegödsling på skogsmark (Figur 2). I område 1 bör skogsgödsling inte ske alls och i område 2 rekommenderas gödsling endast på grandominerad mark där grenar och toppar tas ut från hygget. Här är den maximala gödselgivan 150 kg kväve per hektar under en omloppstid. I område tre och fyra rekommenderas att gödselgivan inte överstiger 300 kg respektive 450 kg kväve per hektar under en omloppstid.



Kväve är ett av de viktigare näringsämnena för organismer och är det ämne som har störst inverkan på tillväxten (Laudon m.fl. 2011). I de flesta svenska skogar är kväve det ämne som främst begränsar tillväxten då det kväve som finns i marken är hårt bundet i organiska substanser och därför inte tillgängligt för träden (Jacobson m.fl. 2005). Ett sätt att få ökad tillväxt är att tillföra kväve som ökar den tillgängliga mängden kväve för träden vilket primärt visar sig i en större årsringsbredd (Edén m.fl. 1979).

I södra delen av landet är begränsningarna för skogsgödsling hårdare på grund av ökad risk för kväveutlakning och försurning (Pettersson m.fl. 1988). Kväveutlakning sker när det finns för mycket kväve som bildar ett överskott i marken vilket sedan urlakas och hamnar i sjöar och vattendrag (Nilsson 2007). Främst är det nitrat som urlakas då detta är den mest rörliga formen av kväve (Laudon m.fl. 2011). I södra Sverige, främst i sydöstra delen, är nedfallet av oorganiskt kväve mycket högre än i de norra delarna (Bertills & Näsholm 2000) och detta bidrar till eventuella kväveöverskott vid kvävegödsling. På och i närheten av vattendrag, våtmarker och nyckelbiotoper bör inte gödsel spridas och en gödselfri zon bör lämnas runt dessa.

För att en gödsling ska vara lönsam finns det sju krav för att välja rätt bestånd att gödsla (Jacobson m.fl. 2005):

- Fastmark
- Podsoljordmån
- Ståndortsindex 16-30 m
- Minst 80 % av grundytan ska vara barrträd
- Lägst förstagallringsskog
- Ingen avverkning inom tio år
- Frisk och välsluten skog

1.3 Vattentillgång

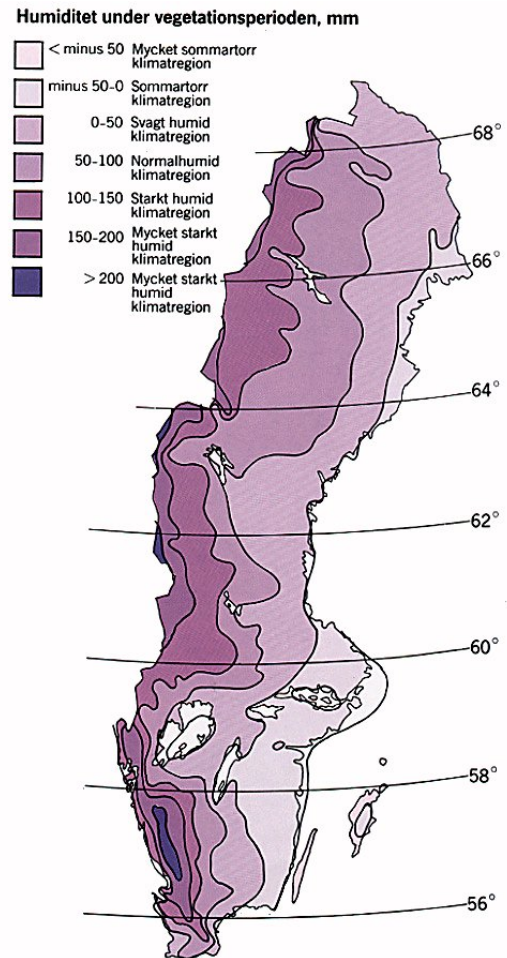
I norra Sverige är vattentillgången vanligtvis inte en hämmande faktor för tillväxten (Eriksson 2007) då humiditeten, skillnaden mellan nederbörd och avdunstning (Eriksson 1986), oftast är hög (Figur 3) samt att snösmältningen på våren ger rikligt med markvatten. I södra Sverige kan dock vattenbristen under vegetationsperioden hämma tillväxten (Eriksson 2007), främst i de östra delarna där humiditeten är låg (Figur 3) vilket ökar risken för sommartorka (Kunskap direkt 2011).

1.4 Syfte

Syftet med denna studie var att undersöka om bevattning och gödsling ger tillväxteffekter på ekbestånd (*Quercus robur* och *Quercus petraea*) jämfört med ekbestånd som inte behandlats. Om gödsling och/eller bevattning ger en tillväxtökning skulle dessa skötselåtgärder kunna öka lönsamheten och eventuellt utbredningen, hos kommersiell odling av ek.

1.5 Hypoteser

1. Gödsling ger en positiv inverkan på tillväxten.
2. Bevattning ger en tillväxtökning dock inte lika hög som för gödsling.



2 MATERIAL OCH METOD

Försöket utfördes i Restad (56°32'08"N 12°58'20"E 10m över havet) beläget i Laholms kommun (Figur 4) där den årliga uppmätta nederbörds mängden ligger på 700-800 mm (SMHI, 1961-1990). Restad ligger i en klimatregion som har hög till mycket hög humiditet (Odin m.fl. 1983). Jordarten består av postglacial sand med ett underliggande lager av lera och silt (SGU 1960-2016).

Beståndet anlades år 1991 med 2-3 åriga plantor av *Quercus robur* och *Quercus petraea*. När försöket startades år 2008 lades 16 parceller ut, dessa hade varierande storlek från 319

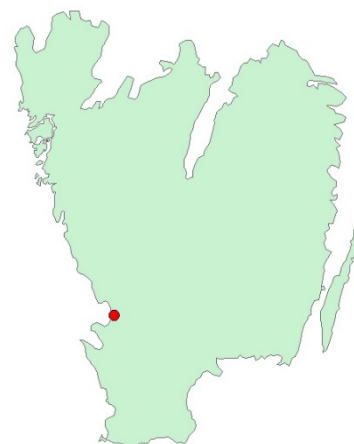
m² till 455,4 m². Parcellerna indelades i fyra block, två block med *Q. robur* och två block med *Q. petraea* anlagda i en nord-sydlig riktning (Figur 5). Försöket anlades enligt de instruktioner som finns i fältarbetsinstruktion för skogsfakultetens beståndsbehandlingsförsök (Anon. 2003).

Varje parcell tilldelades en av fyra behandlingar: bevattning (I), gödsling (F), bevattning och gödsling (IF) samt kontroll (C). Samtliga behandlingar fanns representerade i varje block (Figur 5).

Den första gödslingen och bevattningen genomfördes vid försökets start år 2008. På de ytor som hade behandlingarna bevattning (I) samt kombinerad bevattning och gödsling (IF) tillsattes fem mm H₂O varje dygn under perioden maj till september.

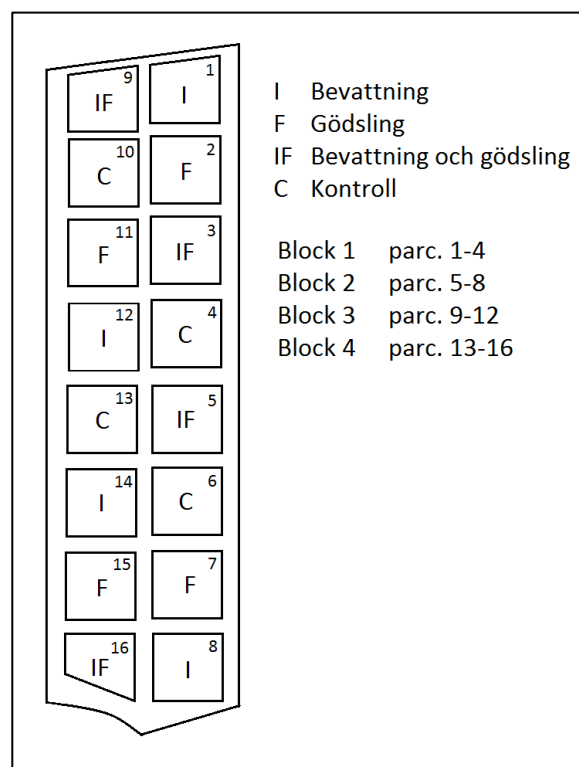
Gödselgivan bestod av kväve och fosfor där kvävegödselmedlet var av fabrikatet Yara Mila 21-3-10 och fosforgödselmedlet av fabrikatet Superfosfat P20, från och med 2013 användes PK11-2.

Provytorna gödslades årligen mellan 2008 och 2015 med varierande storlek på gödselgivan (Tabell 1).



Figur 4. Restads läge i södra Sverige.

Figure 4. Restads location in southern Sweden.



Tabell 1. Årlig giva av kväve (N) och fosfor (P) per hektar
Table 1. Yearly amounts of nitrogen (N) and phosphorous (P) per hectare

År	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
N/ha (kg)	100	100	100	75	75	75	75	75
P/ha (kg)	75	75	75	-	-	60,72	60,72	60,72

De 16 parcellerna inventerades vid fyra olika tillfällen mellan år 2008 till 2013. Den första mätningen utfördes i maj 2008, följt av mätningar i oktober 2009, november 2011 samt december 2013. Vid dessa tillfällen mättes brösthöjdsdiametern för samtliga träd och höjden för utvalda provträd. Utifrån dessa variabler beräknades grundyta, medeldiameter, medelhöjd och övre höjd för det kvarvarande beståndet samt den årliga löpande tillväxten vilket angavs i brösthöjdsdiameter, grundyta och volym. Även den naturliga avgången från parcellerna mättes in. Mätning och primärbearbetning av data har skett enligt fältarbetsinstruktion för skogsfakultetens beståndsbehandlingsförsök (Anon. 2003) samt beräkningar enligt rutiner i Fältdatasystem för skogliga fältförsök (Karlsson m.fl. 2012).

2.1 Databehandling

För den visuella analysen användes diagram med regressionslinjer i Minitab 17. Detta för att regressionslinjen förklarar sambandet mellan responsvariabeln och förklaringsvariabeln.

För att utföra statistiska analyser användes Minitab 17 och den statistiska analysmetoden tvåvägs-variationsanalys (two-way ANOVA). Detta för att kunna undersöka eventuella blockeffekter samt skötselåtgärdernas (I, F, IF, C) effekt på de variabler som ska undersökas (löpande volymtillväxt, löpande tillväxt i grundyta, diametertillväxt, höjdtillväxt samt kvarvarande volym efter naturlig avgång). Blockeffekten i detta försök är det så kallade ”bruset”, en faktor som kan göra att det uppstår mönster i resultatet utan att det beror på de faktorer som undersöktes, i detta fall behandlingarna (I, F, IF). För att säkerställa att resultatet endast kommit sig av behandlingarna måste även blockeffekten analyseras för att kontrollera att den är så nära noll att resultatet inte påverkas.

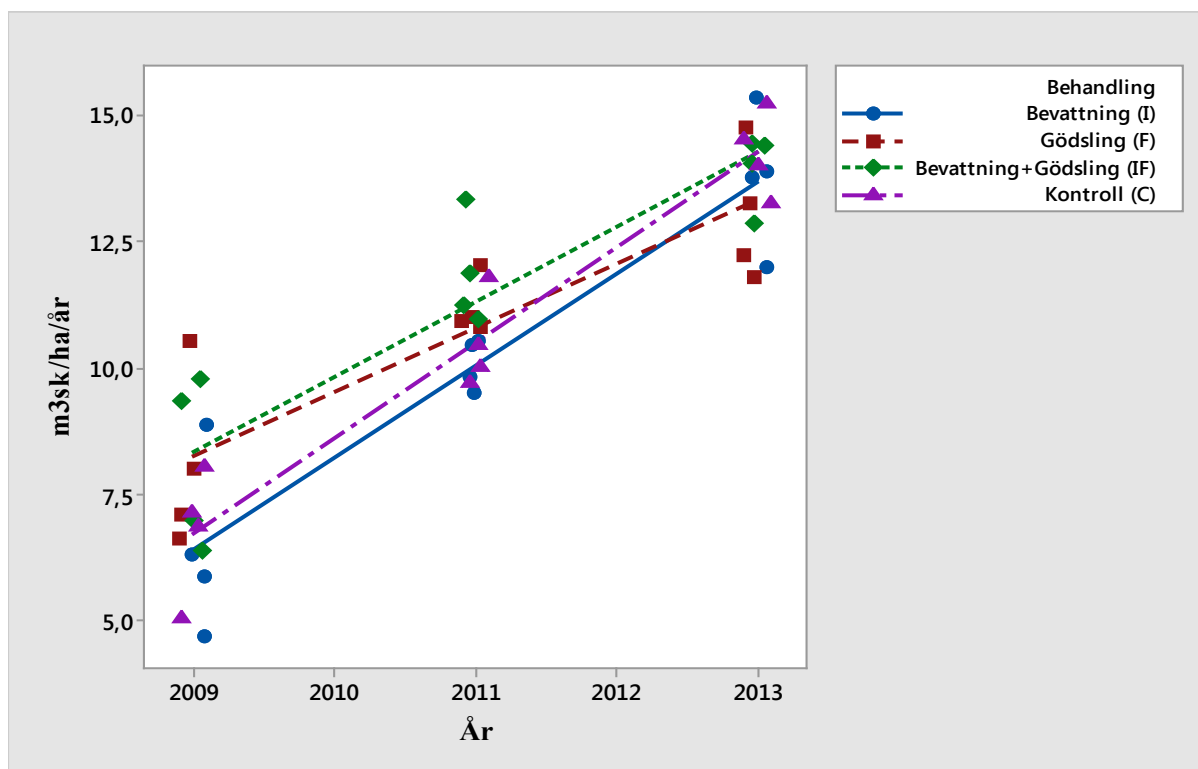
Tvåvägs- variationsanalysen utfördes för varje mättillfälle (2008, 2009, 2011, 2013) samt för varje variabel som undersöktes (löpande volymtillväxt, löpande tillväxt i grundyta, diametertillväxt, höjdtillväxt samt kvarvarande volym efter naturlig avgång). De faktorer som användes i modellen var ”gödsling” och ”bevattning”, som sattes som fixerade faktorer samt ”block” vilket sattes som en slumpmässig faktor. Uttrycken i modellen var block, bevattning, gödsling och bevattning*gödsling. I samtliga analyser användes ett tvåsidigt konfidensintervall där konfidensgraden var satt till 95 %. Då p-värdet understiger 0,05 kan nollhypotesen förkastas.

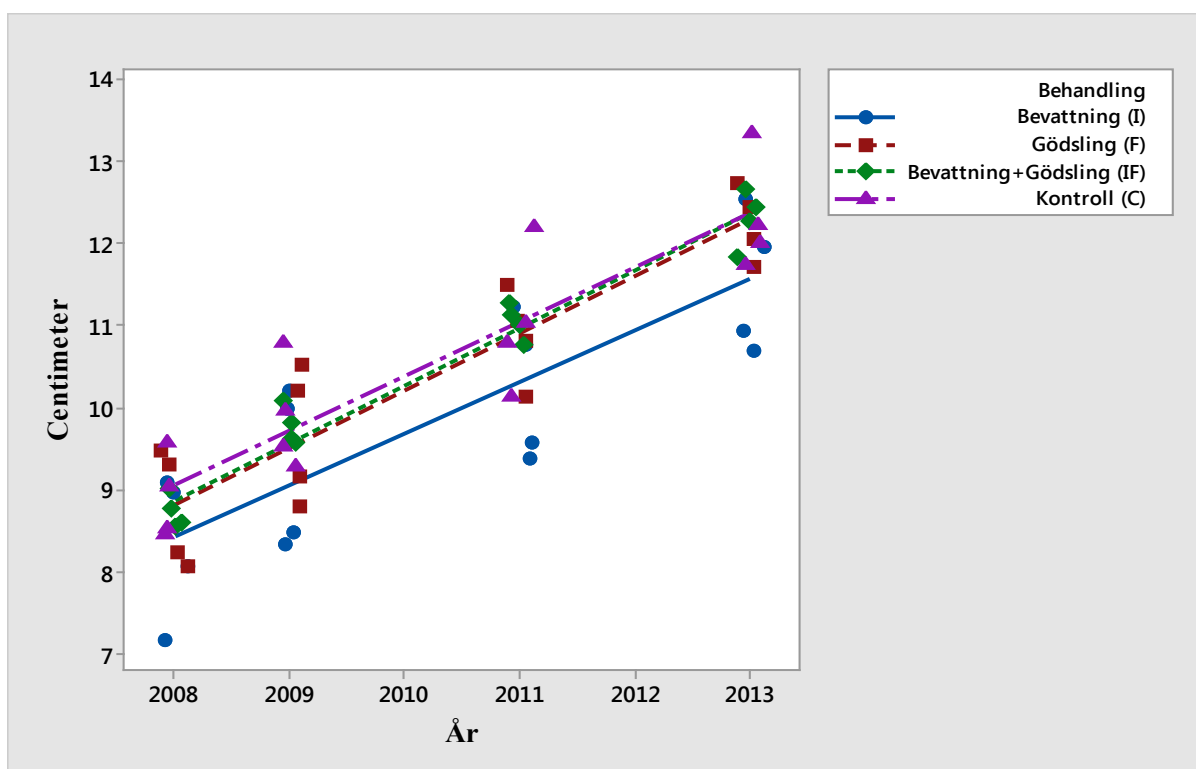
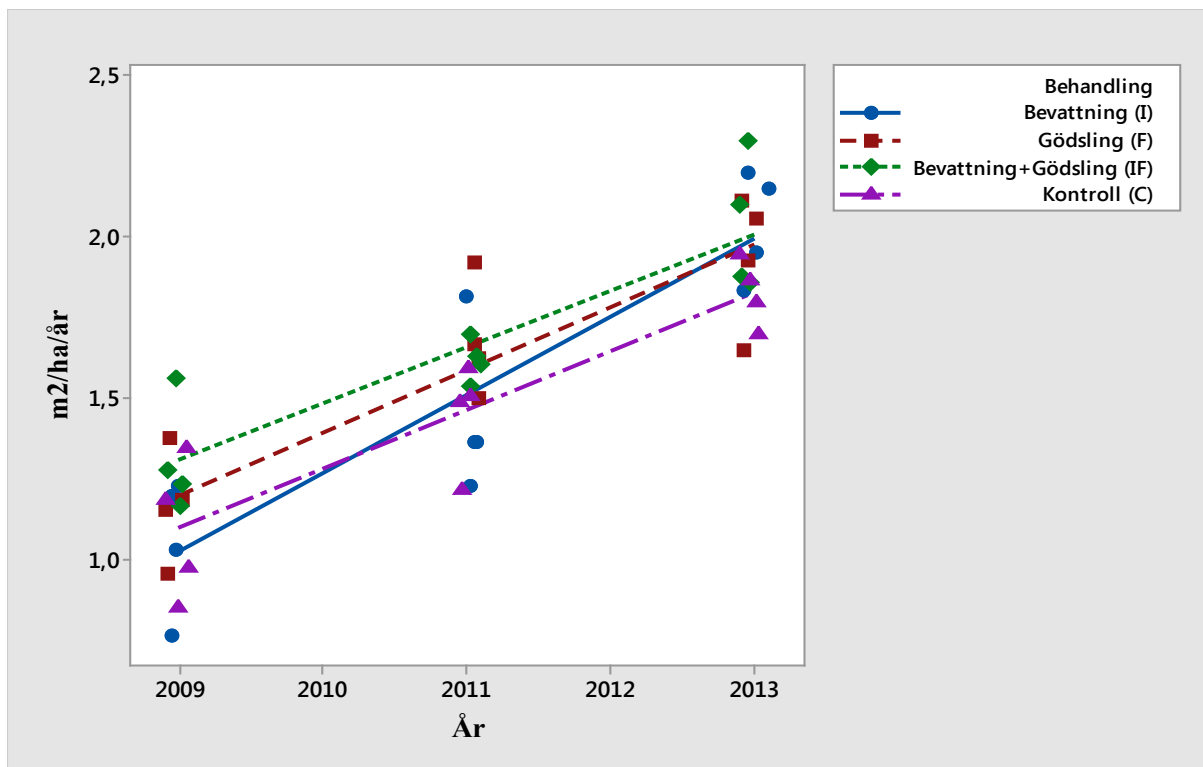
3 RESULTAT

3.1 Mätresultat

Nedan syns sambandsdiagrammen med regressionslinjer för de faktorer som undersökts. För den löpande volymtillväxten (Figur 6) syns inget tydligt mönster mellan tillväxt och behandling.

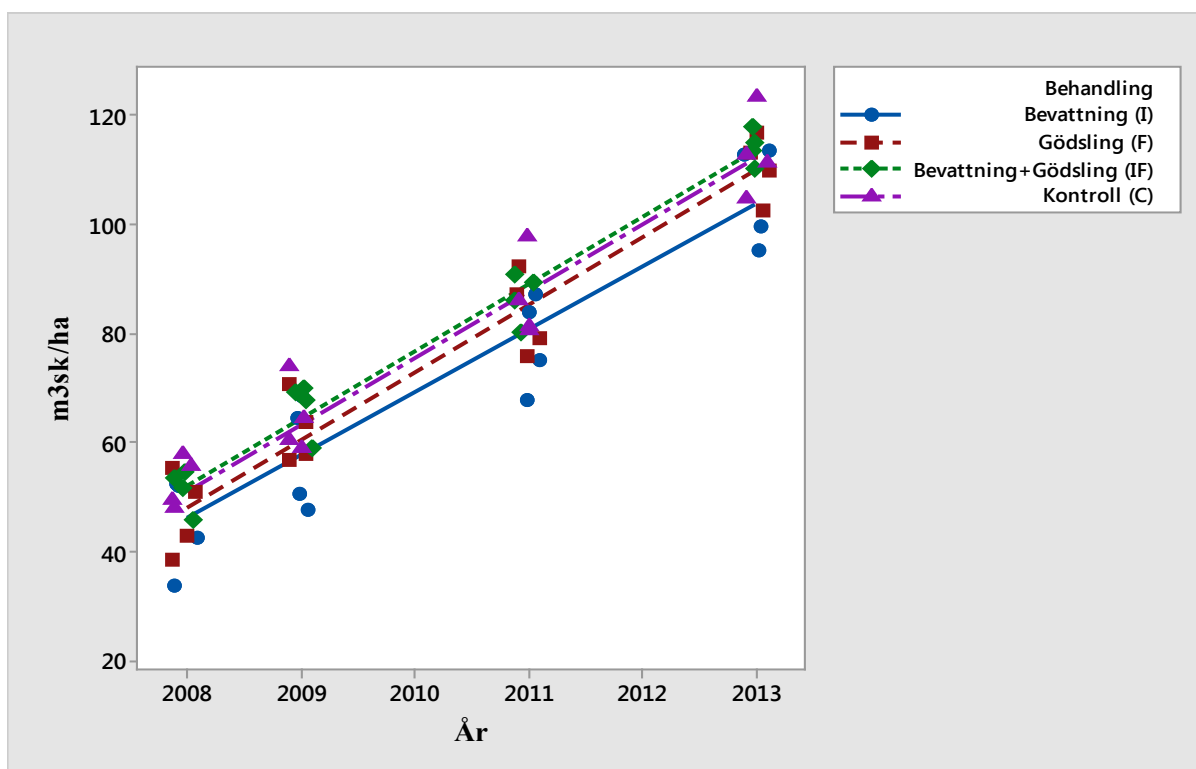
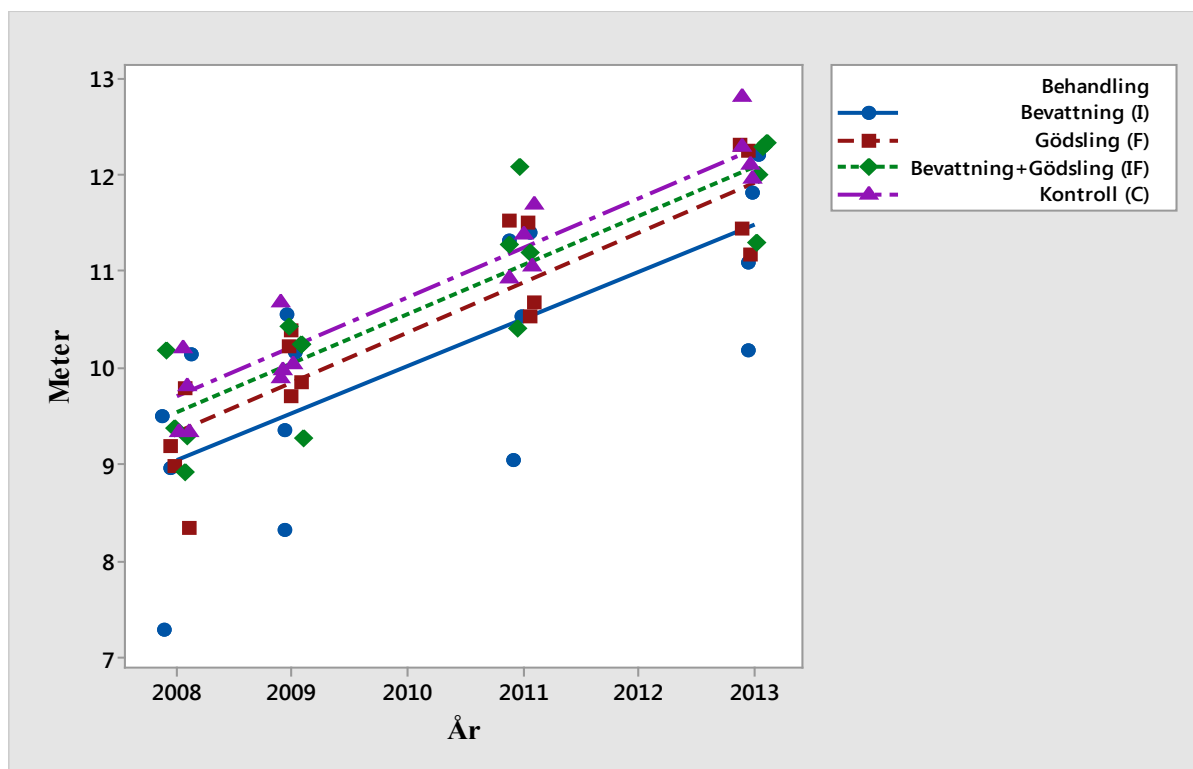
För den löpande tillväxten i grundyta (Figur 7) syns en trend att bevattnade försöksytor har högre tillväxt än övriga behandlingar. I diagrammen över volym, höjd och diameter tillväxt syns inget mönster av att någon av behandlingarna har effekt på tillväxten (Figur 8, 9, 10). Vid försökets start fanns en variation i ståndortsindex mellan parcellerna som sköttes med de olika behandlingarna (Figur 11). Stamantalet varierade mellan parcellerna och åren på grund av inväxning och naturlig avgång (Figur 12) I detta resultat gjordes det ingen uppdelning av arterna *Quercus robur* och *Quercus petraea*.





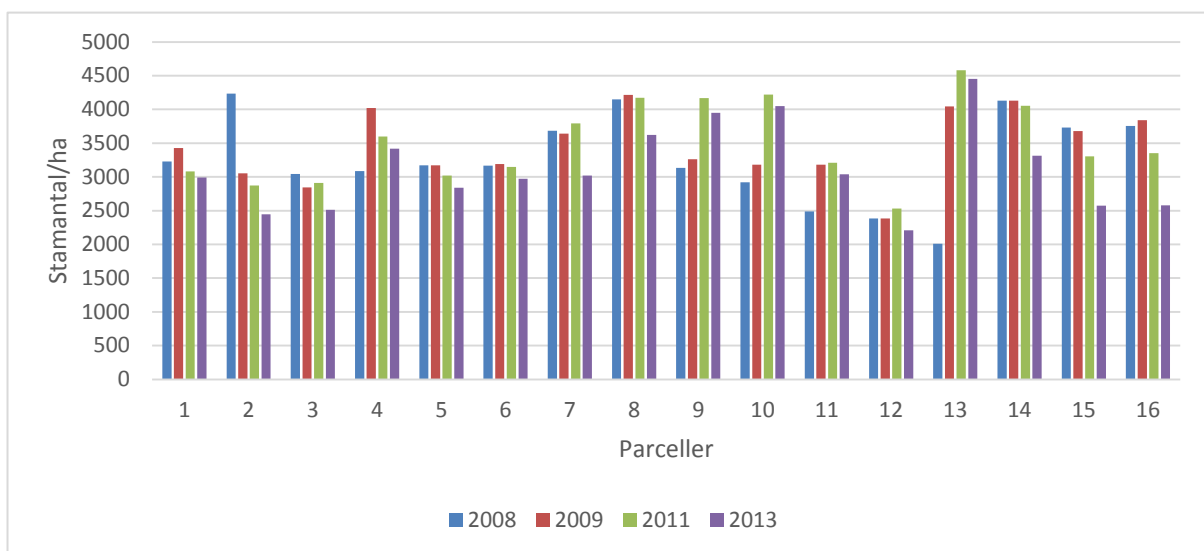
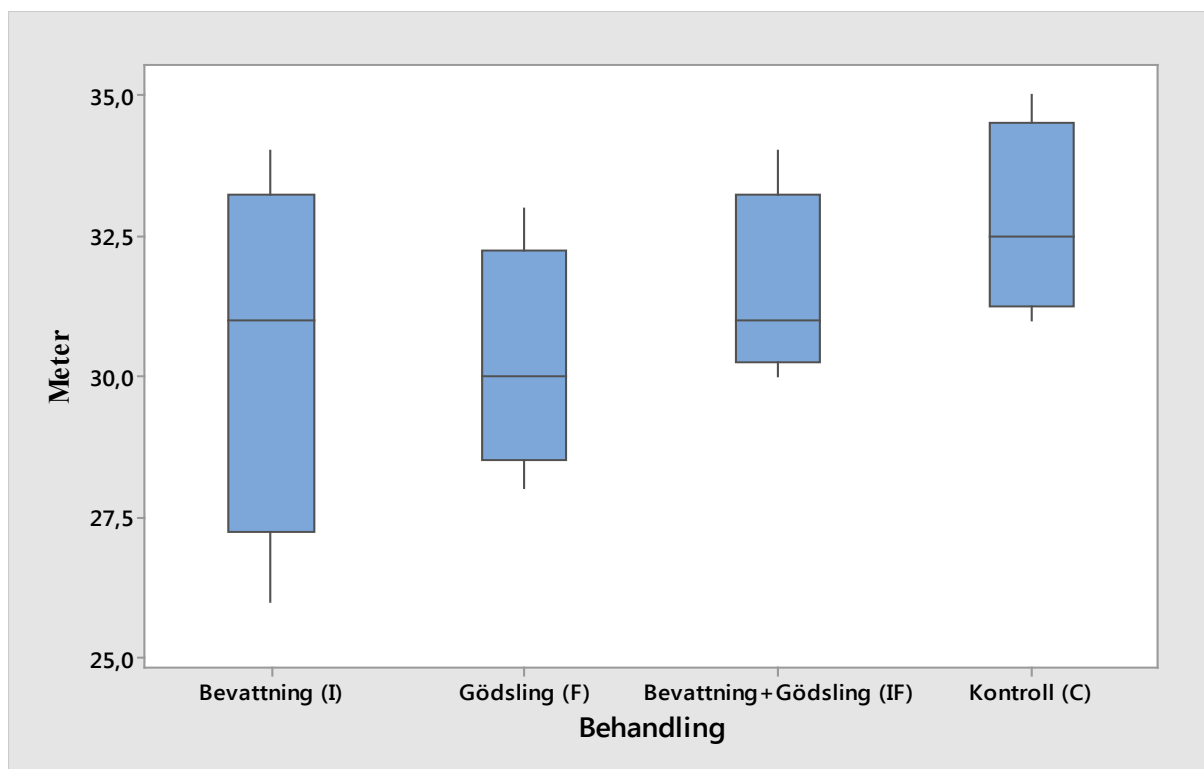
Figur 8. Medeldiametern för träden i kvarvarande bestånd för bevattning (I), gödsling (F) bevattning + gödsling (IF) och kontroll (C) vid mätningar 2008-2013.

Figure 8. Diameter of the trees in remaining stands for irrigation (I), fertilization (F), irrigation + fertilization (IF) and control (C) during the period 2008-2013.



Figur 10. Stående volym i kvarvarande bestånd för bevattning (I), gödsling (F), bevattning + bevattning (IF) och kontroll (C) vid mätningar 2008-2013.

Figure 10. Standing volume in the remaining stand for irrigation (I), fertilization (F), irrigation + fertilization (IF) and control (C) during the period 2008-2013.



Figur 12. Stamantal per hektar för varje parcell och år.
 Figure 12. Stems per hectare for each plot and year.

3.2 Statistisk analys

I tabell 2 till 5 syns resultatet från två-vägs variansanalyserna vilka utfördes för varje behandling samt för blockeffekten fördelat på de år mätningarna gjordes. P- värdena påvisar om de faktorer som undersöktes har någon påverkan på resultatet, alltså om behandlingarna I, F, IF eller blockeffekten påverkar resultatet av samtliga faktorer som undersöks: diametern, löpande tillväxten i volym och grundyta, höjd, volym, ståndortsindex samt naturlig avgång. P-värden under 0,05 gör att nollhypotesen förkastades.

Nollhypotesen för samtliga behandlingar (F, I, IF, C) och blockeffekten var att det inte finns en signifikant skillnad i resultat för de parceller som sköttes med olika behandlingar. I denna analys understeg p-värdet 0,05 vid flera tillfällen för olika faktorer och år vilka är understrukna i diagrammen nedan. Från år 2008 finns inga värden för den löpande tillväxt i volym och grundyta vilket beror på att detta var första mättillfället vilket gör att den löpande tillväxten inte kunde beräknas (Tabell 5).

Till varje statistisk analys finns det residualplottar vilka påvisar om en två-vägs variansanalys passar till det dataset som finns till hands (Bilaga 1). I varje diagram visas även R^2 adjusted (%) och varians av blockeffekt (%) för samtliga variabler. R^2 adjusted (%) förklarar hur bra modellen passar detta dataset samt hur bra den förklarar variansen. Ju närmare 100 % detta värde är desto bättre passar modellen datasetet och desto närmare regressionslinjen ligger datapunkterna. Varians av blockeffekten (%) förklarar hur stor del av variansen som beror på blockeffekten. Om detta värde är 100 % betyder det att all varians kommer sig av blockeffekten.

Tabell 2. Utvalda värden från den statistiska analysen för år 2013
Table 2. Chosen values from the statistical analysis for the year 2013

2013	P-värde (I)	P-värde (F)	P-värde (IF)	P-värde block	R^2 adjusted (%)	Varians av blockeffekt(%)
Löpande tillväxt: Volym	0,304	0,323	0,846	0,426	0,00	0,64
Löpande tillväxt: Grundyta	0,147	0,603	0,514	0,592	0,00	0,00
Diameter (kvarvarande bestånd)	0,194	0,224	0,145	0,065	41,34	37,99
Höjd (kvarvarande bestånd)	0,117	0,851	<u>0,022</u>	<u>0,017</u>	59,79	54,90
Volym (kvarvarande bestånd)	0,421	0,280	<u>0,043</u>	0,094	40,66	32,15
Naturlig avgång	0,316	0,915	0,697	0,693	0,00	0,00
SI	0,394	1,00	<u>0,052</u>	<u>0,044</u>	44,44	43,40

Tabell 3. Utvalda värden från den statistiska analysen för år 2011

Table 3. Chosen values from the statistical analysis for the year 2011

2011	P-värde (I)	P-värde (F)	P-värde (IF)	P-värde block	R ² adjusted (%)	Varians av blockeffekt(%)
Löpande tillväxt: Volym	0,868	<u>0,013</u>	0,222	0,776	29,72	0,00
Löpande tillväxt: Grundyta	0,808	<u>0,025</u>	0,910	0,137	35,99	25,74
Diameter (kvarvarande bestånd)	0,221	0,253	0,145	0,062	40,81	38,68
Höjd (kvarvarande bestånd)	0,501	0,447	0,157	<u>0,041</u>	40,17	44,36
Volym (kvarvarande bestånd)	0,636	0,180	0,102	<u>0,046</u>	43,85	42,97
Naturlig avgång	0,073	<u>0,004</u>	0,054	0,638	57,03	0,00
SI	1,00	0,700	0,146	<u>0,028</u>	43,11	49,33

Tabell 4. Utvalda värden från den statistiska analysen för år 2009

Table 4. Chosen values from the statistical analysis for the year 2009

2009	P-värde (I)	P-värde (F)	P-värde (IF)	P-värde block	R ² adjusted (%)	Varians av blockeffekt(%)
Löpande tillväxt: Volym	0,755	<u>0,013</u>	0,755	<u>0,005</u>	66,90	66,14
Löpande tillväxt: Grundyta	0,396	<u>0,033</u>	0,147	<u>0,016</u>	59,02	55,49
Diameter (kvarvarande bestånd)	0,301	0,612	0,173	<u>0,035</u>	42,61	46,59
Höjd (kvarvarande bestånd)	0,221	0,451	0,190	0,052	39,52	41,28
Volym (kvarvarande bestånd)	0,733	0,366	0,109	<u>0,045</u>	40,73	43,16
Naturlig avgång	0,504	0,075	0,596	0,433	11,03	0,21
SI	0,268	0,451	0,268	<u>0,038</u>	41,06	45,54

Tabell 5. Utvalda värden från den statistiska analysen för år 2008

Table 5. Chosen values from the statistical analysis for the year 2008

2008	P-värde (I)	P-värde (F)	P-värde (IF)	P-värde block	R ² adjusted (%)	Varians av blockeffekt(%)
Löpande tillväxt: Volym	-	-	-	-	-	-
Löpande tillväxt: Grundyta	-	-	-	-	-	-
Diameter (kvarvarande bestånd)	0,204	0,790	0,204	<u>0,025</u>	46,56	50,49
Höjd (kvarvarande bestånd)	0,521	0,808	0,100	0,070	34,44	36,85
Volym (kvarvarande bestånd)	0,876	0,907	0,099	0,071	32,95	36,65
Naturlig avgång	0,489	0,822	0,912	0,150	8,37	23,97
SI	0,418	0,235	<u>0,016</u>	<u>0,002</u>	73,63	73,75

4 DISKUSSION

Syftet med detta arbete var att undersöka om gödsling och bevattning av ekbestånd har en effekt på tillväxten. Mätdata analyserades både visuellt och statistiskt där resultaten från den statistiska analysen antas vara tillförlitliga då samtliga ”residual plot” var godkända (Bilaga 1). I den visuella analysen syntes ingen effekt av de olika behandlingarna utan tillväxten fortsatte ungefär som den var i början av försöken. Endast bevattningen (I) hade en svag påverkan på den löpande tillväxten i grundyta (Figur 7). Dock visade den statistiska analysen att bevattning (I) inte gav någon signifikant effekt på någon av faktorerna som undersökts. Gödsling (F) och bevattning + gödsling (IF) visade sig däremot ha betydelse för vissa faktorer, vissa år utan något direkt mönster. Detta gjorde det svårt att kartlägga eventuella effekter av behandlingarna.

4.1 Felkällor

Det förekom skillnader i det initiala tillståndet av försöksytorna, stamantalet varierade mycket (Figur 12) och flertalet ytor hade inslag av andra lövträdsarter. Även ståndortsindex skilde sig från de olika parcellerna vid försökets början, där det högsta ståndortsindex låg på ca 35 m och den lägsta på ca 26 m (Figur 11). Detta kan inverka på resultatet eftersom svaga marker med lågt ståndortsindex reagerar bättre på gödsling än marker med högt ståndortsindex. Dessa skillnader mellan bestånden, som kan bero på mätfel, resulterade i en stor spridning i resultaten och gjorde den visuella analysen svårtolkad. Dock gjordes det även en statistisk analys för att hitta eventuella trender vilket bör ha minimerat problemet att bestånden inte var lika initialt.

Blockeffekten är den inverkan blocken har på resultatet. Det kan vara så att ett block får mer solljus än de andra eller har högre bonitet och då kan detta block få en tillväxtökning som inte beror på de faktorer som ska undersökas. På grund av detta var det viktigt att analysera variansen av blockeffekten för att säkerställa att resultatet endast berodde på de faktorer som ska undersökas och inte på blocken. Blockeffekten var signifikant ($p\text{-värde} \leq 0,05$) för flera faktorer under flera år vilket betyder att resultatet beror på vilket block parcellerna legat i. Speciellt faktorerna höjd, volym och diameter visade på en blockeffekt då $p\text{-värdet}$ var lågt, under 10 %, för alla år som mättes. Möjligtvis kan detta bero på att ståndortsindex varierade mycket mellan de olika blocken vilket gör att försöket inte var helt tillförlitligt då resultatet var påverkat av en faktor som inte är intressant för denna studie.

R^2 adjusted värdena varierade mycket från behandling och år vilket indikerar att sambandet mellan de förklarande variablerna (behandlingarna) och responsvariablerna (tillväxten) är osäkert, då sambandet ibland var starkt och ibland svagt utan något mönster. Detta gör att modellen inte alltid passade till datasetet.

Många studier tyder på att skogsgödsling kan ge en ökad tillväxt i upp till tio år efter gödslingstillfället för barrträd (Jacobson m.fl. 2005) och för ek har studier visat att tillväxteffekten klingar av efter ca sex år (Johnson m.fl. 2002). Då försöket påbörjades år 2008 med den senaste mätningen år 2013 kan tillväxteffekter från de senaste gödslingarna inte hunnit visa sig än. Resultatet gör att det inte med säkerhet kan konstateras om gödsling ger en effekt på tillväxten av ek eller inte. Möjligtvis skulle det behövas ytterligare en mätning efter ca sex år för att vara helt säker på att gödsling inte ger resultat. En annan möjlighet skulle vara att mäta vikten och längden på bladen och kvistarna då det är där effekterna av gödsling syns först vilket gör detta till en fördelaktig mätmetod vid kortare försök (Sabaté m.fl. 1992).

4.2 Diskussion av resultat

Resultatet av den statistiska analysen var svårtolkat. Det fanns ingen trend vilket till stor del motsäger hypotesen att gödsling skulle ha en effekt på tillväxten då gödslingen endast gav effekt vissa år. Detta motsäger också flertalet studier som påvisat att gödsling har en effekt på ekens tillväxt. En möjlig förklaring till att gödsling inte alltid gav effekt i detta försök kan vara markens höga bonitet. Enligt kraven för att en gödsling ska vara lönsam bör inte marker med ståndortsindex över 30 m gödslas (Jacobson m.fl. 2005). Detta för att dessa marker är naturligt kväverika vilket gör att effekten av gödslingen avtar tidigare (Pettersson m.fl. 1988) eller uteblir helt (Jacobson m.fl. 2005). Medelvärdet för parcellernas ståndortsindex år 2008 i detta försök var 30,9 m vilket är en indikation på att denna mark är naturligt kväverik (Jacobson m.fl. 2005). Detta i kombination med att kvävenedfallet i Sverige är som högst i Skåne och på västkusten (Bertills & Näsholm 2000) kan förklara varför gödslingen inte gett någon effekt på tillväxten. Detta kan även förklara varför andra gödslingsförsök på ek i andra länder har gett effekt på tillväxten och inte detta försök beläget i Restad. Har dessa försök utförts på mindre bördiga marker med lägre kvävenedfall kan det vara orsaken till att gödsling gett effekt i dessa studier.

En annan förklaring till att gödsling på ek inte gav de effekter som setts på gödsling av gran i samma område kan bero på att det i första hand är bladen och barren som tar tillvara på det tillförda kvävet för att bygga upp klorofyll och proteiner (Eden m.fl. 1979). Detta gör att lövträd, som tappar bladen varje år, förbrukar kvävet snabbare än barrträden som behåller barren i 2-3 år för tall och 7-9 år för gran i södra Sverige (Albrektson m.fl. 2012). Detta kan vara en möjlig förklaring till varför kvävegödsling ger bättre och mer långvarig respons på barrträd än på lövträd (Jacobson m.fl. 2005).

Hypotesen att bevattning skulle ha en positiv effekt på tillväxten stämde inte överens med resultatet från denna studie. Detta kan bero på att tidigare försök som utförts med bevattning i södra Sverige har genomförts på gran. Gran har oftast ett ytligt rotsystem och är känslig för sommartorka (Hallsby 2007) vilket är vanligt i södra Sverige (Kunskap direkt 2011). Detta gör att vatten kan vara en hämmande faktor för granens tillväxt. Ek däremot har ett

djupgående rotsystem (Hallsby 2007) med en pålrot som kan bli upp till två meter (Almgren & Rydberg 2003) och är dessutom ett av de mest torktåliga lövträden (Scherrer m.fl. 2011). Generellt är ek även tåligare mot torka än gran (Eriksson 2007). Jordarten på försöksytorna bestod av sand med ett underliggande lager av lera. Detta bekräftades av grävda djupprofiler i området som indikerade på vattenförande lerlager på en till två och en halv meters djup. Detta gynnar eken som är ett trädslag som trivs bra på leriga jordarter (Almgren & Rydberg 2003) och eftersom den vattenförande leran ligger på ett grunt djup bör eken nå ner med sina rötter och på detta sätt ha en effektiv vattenförsörjning. Detta kan göra att vattenbrist inte behöver hämma tillväxten på ek lika mycket som för andra trädslag, vilket kan förklara varför bevattning inte ger samma effekt på ek som för gran i detta försök.

En annan faktor som kan ha påverkat resultatet är platsen försöket var beläget på, Restad ligger i sydvästra Sverige som har hög humiditet (Figur 3). Detta gör att risken för torka är lägre i detta område än i sydöstra Sverige där humiditeten är lägre och sommartorka vanligt (Figur 3). Detta gör att bristen på vatten i detta område inte är en lika begränsande faktor för tillväxten som i många andra delar av södra Sverige. Studier som genomförts på ek i andra klimat med fler soltimmar och lägre nederbörd under sommaren har visat att bevattning gett stor effekt på tillväxten, detta beror antagligen på att tillgången av vatten i detta område blir en begränsande faktor.

I detta försök gödslades provytorna med stora mängder kväve, 75-100 kilo per ha och år under åren 2008 till 2015 för att bristen på kväve med säkerhet inte skulle begränsa tillväxten. Jämförelsevis säger skogsvårdslagens allmänna råd till 30 § att det maximalt får gödslas med 200 kg vid samma tillfälle och det måste gå minst 8 år mellan gödslingsgivorna (SKSFS 2011:7). I detta försök gav inte kväve någon tillväxtökning och har troligtvis inte tagits upp av provträden. Dock kan övriga lövträd och markvegetationen på provytorna tagit upp kvävet. En annan möjlighet är att kvävet bundits och lagrats i markekosystemet men risken finns att kvävet urlakats i vattendrag och sedan förts ut i havet där det orsakar övergödning (Howarth 2008). Kväve i form av ammonium kan även lagras i lera via fixering. Kvävet binds då hårt till lermineraler vilket gör att växterna inte kan tillgodogöra sig det. Vid försök där det undersökts hur mycket ammonium från gödsling som kan bindas i lera var det upp till 70 % av ammoniumsalterna som fixerades (Troedsson 1973). Det kvävegödselmedel som använts i försöket innehåller 11,6 % ammonium vilket gör att det finns en möjlighet att en stor del av det tillförda kvävet har lagrats i leran.

Bladanalyser innan försöket startades visade att fosforhalten i bladen låg strax under värdet som är normalt för barrträd. Därför gödslades det även med fosfor i detta försök för att inte riskera att tillväxten hämmades av denna faktor. Effekterna av fosforbrist på lövskog är till stor del okända eftersom sådana försök saknas. Det finns en möjlighet att effekterna blir densamma som för barrträd där fosfor kan vara begränsande för tillväxten om träden redan har ett överskott på kväve eftersom båda näringsämnena är tillväxtbegränsande (Vincent 2013).

För att en växt ska kunna ha en normal tillväxt behöver den tillgång till de sex makronäringsämnen och åtta mikronäringsämnen som behövs i stor respektive liten mängd

(Smith m.fl. 2010). I detta försök hade ekbestånden tillförts tillräckligt med kväve och fosfor men det finns en risk att något av de andra mikro- och makronäringsämnen saknas och då begränsar tillväxten trots gödslingen.

4.3 Framtid

I södra Sverige där ekodling är aktuellt är den allmänna rekommendationen från skogsstyrelsen att inte kvävegödsla i område 1 samt att bara gödsla granmarker i område 2 (Figur 2). Så länge dessa rekommendationer gäller är det inte aktuellt att börja kvävegödsla ek i södra Sverige. Dock skulle dessa rekommendationer möjligtvis kunna ändras om det visar sig att kväve är en begränsande faktor i detta område och att gödsling ger en positiv effekt på tillväxten.

I framtiden förväntas förutsättningarna för skogsbruket förändras på grund av rådande klimatförändringar. I en analys av framtida klimatförändringar fram till 2100-talet undersöktes hur skogsbruket kan komma att påverkas av dessa förändringar. Temperaturen beräknas öka i hela Sverige både på sommaren och vintern. Den största temperaturökningen på sommaren förväntas ske i södra Sverige och den största vintertemperaturökningen i Svealand och längs Norrlandskusten (Eriksson 2007). Även nederbörden förväntas öka i hela landet under vintermånaderna och i norra Norrland även under sommaren. I Götaland däremot kommer nederbörden troligtvis att minska under sommaren (Eriksson 2007).

Denna temperaturökning kan komma att leda till en längre vegetationsperiod på upp till två månader i hela Sverige förutom i Götaland där den beräknas öka med upp till tre månader (Eriksson 2007). Dessa klimatförändringar kan leda till kortare omloppstider för ek och även möjligheten att odla ek på områden som idag är för kärva. Minskad nederbörd i kombination med varmare somrar, vilket ger en större evaporation, kan leda till att torka blir ett större problem i södra Sverige. Bevattning kan då bli en viktig metod för att ta tillvara på den ökande tillväxten som kan komma av dessa klimatförändringar (Eriksson 2007).

4.4 Slutsats

Gödsling och bevattning av ek skulle behöva vidare forskning då resultatet från denna studie var svårtolkat samt att det fanns en viss blockeffekt. Trots detta är studien en viktig del i att förbättra skötseln av ädellövskog i Sverige för att kunna hitta nya och bättre skötselmetoder. Försöken skulle även behöva utföras i andra delar av södra Sverige där humiditeten och kvävenedfallet är lägre för att se om kvävegödsling och bevattning av ekbestånd ger resultat i andra miljöer. Det skulle även vara fördelaktigt att utföra försök under en längre period för att se om resultatet blir annorlunda då även de långtgående effekterna av gödsling och bevattning kan undersökas.

5 REFERENSER

- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012). Skogsskötselserien nr 1- Skogsskötselns grunder och samband, Skogsstyrelsens förlag, s. 55.
- Almgren, G. & Rydberg, D. (2003). Våra ädla lövträd, Skogsstyrelsen, Jönköping, s.39.
- Almgren, G. (1984). Ädellövskog ekologi och Skötsel, Bohuslänningens Boktryckeri AB, Uddevalla, s.30-32.
- Anon. (2003). Fältarbetsinstruktion för skogsfakultetens beståndsbehandlingsförsök, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Berger, T. W. & Glatzel, G. (2000). Response of *Quercus petraea* seedlings to nitrogen fertilization (Forest Ecology and Management 149 (2001) 1-14) Institute of Forest Ecology, Univ. f. Bodenkultur, Peter Jordan-Strasse 82, 1190 Vienna, Austria.
- Bergh, J., Linder, S., Lundmark, T. & Elfving, B. (1999). The effect of water and nutrient availability on the productivity of Norway spruce in northern and southern Sweden, Forest Ecology and management, 1999, Vol.119(1), s.51-62.
- Bertills, U. & Näsholm, T. (2000). Effekter av kvävenedfall på skogsekosystem, Naturvårdsverket, Rapport 5066, Berlings Skogs, Trelleborg, s 24.
- Edén, P., Lidholm, L. & Rosengren, C. (1979). Skogsgödsling, Domänverket, Dala-Demokraterna, Falun, s 19.
- Eriksson, B. (1986). Nederbörds och humiditetsklimatet i Sverige under vegetationsperioden, SMHI RMK, nr 46, SMHI:s tryckeri, Norrköping, s 1.
- Eriksson, H. (2007). Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar, Skogsstyrelsen, Rapport 8, Skogsstyrelsens förlag, Jönköping, s. 8, 9, 12.
- Flyckt, R. (2008). Mycket att lösa kring lövskog, SkogsEko 4/2008, [Online], Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Skogsbruk/Skogseko/Artikelregister/SkogsEko-42008/Mycket-att-losa-kring-lovskog/> [2016-04-13].
- Hallsby, G. (2007). Nya tiders skog- skogsskötsel för ökad tillväxt, LRF Skogsägarna, Fälth & Hässler, Värnamo, s. 48, 52.
- Harvey, S. (2005). From Little Acorns Do Mighty Oak Trees Grow, Flickr, [Online], Tillgänglig: <https://goo.gl/HH8iOO> [2016-03-01].
- Howarth, R. W. (2008). Coastal nitrogen pollution: A review of sources and trends globally and regionally, Harmful Algae 8, Elsevier B.V, s. 14-20.
- Jacobson, S., Pettersson, F., Högbom, L. & Sikström, U. (2005). Skogsgödsling - En handledning från skogforsk, Skogforsk, Gävle Offset, Gävle, s.8-9, 11, 16, 17.

- Johannesson, J. & Ek, T. (2005). Mångsidigt brukande av ekmiljöer: exemplet Östergötland, Norrköpings tryckeri, Norrköping, s. 9, 18, 55-58.
- Johnson, P. S., Shifley, S. R. & Rogers, R. (2002). The ecology and silviculture of oaks, CABI publishing, New York, s. 427-428.
- Karlsson, K., Mossberg, M. & Ulvcröna, T. (2012). Fältdatasystem för skogliga fältförsök, Sveriges lantbruksuniversitet, Enheten för skoglig fältforskning, Rapport 5, Umeå.
- Laudon, H., Sponseller, R. A., Lucas, R. W., Futter, M. N., Egnell, G., Bishop, K., Ågren, A., Ring, E. & Högborg, P. (2011). Consequences of more intensive forestry for the sustainable management of forest soils and waters, *Forests* 2011, 2, s.243-260.
- Löf, M., Møller-Madsen, E. & Rytter, L. (2015). Skogsskötselserien nr 10, Skötsel av ädellövskog, Skogsstyrelsens förlag, s. 24.
- Mayor, X. & Roda, F. (1994). Effects of irrigation and fertilization on stem diameter growth in a Mediterranean holm oak forest, *Forest Ecology and Management*, 1994, Vol.68(1), s.119-126.
- Nilsson, L. (1997). Manipulation of conventional forest management practices to increase forest growth- results from the Skogaby project, *Forest Ecology and Management*, Vol.91(1), s.53-60.
- Nilsson, J. (2007). Ekologisk production och miljö kvalitetsmålen: en litteraturgenomgång, Centrum för uthålligt lantbruk (CUL), Snabba tryck, Visby, s 40.
- Odin, H., Eriksson, B. & Pertti, K. (1983). Temperaturklimatkartor för Svenskt skogsbruk, *Reports in Forest Ecology and Forest Soils* 45, Uppsala.
- Pettersson, F., Palmér, C. H. & Freij, J. (1988). Skogsgödsling, Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, AB Primo, Oskarhamn, s. 6, 7.
- Phares, R. E. (1971). Growth of red oak (*Quercus rubra*) seedlings in relationship to light and nutrients, *Ecology*, vol 52, No 4, Ecological society of America, s. 669-672.
- Sabaté, S., Calvet, S. & Gracia, C. A. (1992). Preliminary results of a fertilization-irrigation experiment in a *Quercus ilex* L. forest in relation to leaves and twigs characteristics, *Quercus ilex* L. ecosystems: function, dynamics and management, Springer Netherlands, s. 283-287.
- Salifu, K. F., Apostol, K. G., Jacobs, D. F. & Islam, M. A. (2007). Growth, physiology, and nutrient retranslocation in nitrogen-15 fertilized *Quercus rubra* seedlings, *Hardwood Tree Improvement and Regeneration Center*, Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, West Lafayette, USA.
- Scherrer, D., Bader, M. K.-F. & Körner, C. (2011). Drought-sensitivity ranking of deciduous tree species based on thermal imaging of forest canopies, *Agricultural and forest metrology*, Vol.151, s.1632-1640.

SGU (Sveriges geologiska undersökning) (1960-2016). Jordartskarta 1:25 000-1:100 000, [Online], Tillgänglig: <http://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100-tusen-sv.html> [2016-04-08].

Skogforsk (2011). Allmänklimate- temperatursumma och humiditet. [Online], Tillgänglig:<http://www.kunskapdirekt.se/KunskapDirekt/Foryngra/Atervaxtplanering/Beskrivning-av-standorten/Allmanklimat/> [2016-03-17].

Skogsstatistisk årsbok 2014 (2014). Skogsstyrelsen, 3 skog och skogsmark, tabell 3.8a, s.60.

SKSFS 2011:7, Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd till Skogsvårdslagen, 7 kap, s.23 Allmänna råd till 30 § skogsvårdslagen.

SKSFS 2013:3, Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om anmälningsskyldighet för samråd enligt 12 kap. 6 § miljöbalken avseende skogsbruksåtgärder.

SMHI (Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut) (1961-1990). Normalvärden för nederbörd,[Online]Tillgänglig:http://data.smhi.se/met/climate/time_series/month_year/normal_1_1961_1990/SMHI_month_year_normal_61_90_precipitation_mm.txt [2016-03-02].

Smith, A. M., Coupland, G., Dolan, L., Harberd, N., Jones, J., Martin, C., Sablowski, R. & Amey, A. (2010). Plant Biology, Garland Science, Taylor & Francis Group, New York, s. 285.

Ståhl, P. H. & Bergh, J. (2013). Skogsskötselserien nr 16 - Produktionshöjande åtgärder, Skogsstyrelsens förlag, s. 47, 49.

Troedsson, T. & Nykvist, N. (1973). Marklära och markvård, Första upplagan, Almqvist & Wiksell, Uppsala, s. 75.

Vincent, A. G., Ilstedt, U., Vestergren, J., Giesler, R., Persson, P., Gröbner, G. & Schleucher, J. (2013). Fosfor: nödvändigt för skogens tillväxt, Fakta skog nr 4, Sveriges lantbruksuniversitet.

6 BILAGA 1.

”Residual plot” för två-vägs variansanalysen åren 2013, 2011, 2009, 2008.

